

## ⑫ 公開特許公報(A) 平3-32071

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 平成3年(1991)2月12日

H 01 L 31/10  
G 01 J 1/02

B

7706-2G  
9055-5F

H 01 L 31/10

A

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全4頁)

⑭ 発明の名称 赤外線検出器

⑯ 特 願 平1-167576

⑰ 出 願 平1(1989)6月29日

⑱ 発 明 者 永 井 豊 兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機株式会社光・マイクロ波デバイス研究所内  
 ⑲ 出 願 人 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号  
 ⑳ 代 理 人 弁理士 大岩 増雄 外2名

## 明 細 書

## 1 発明の名称

赤外線検出器

## 2 特許請求の範囲

(1) ウェル層とバリア層が交互に積層されて形成された超格子層と；該超格子層を電気的にバイアスし、該超格子層に入射した赤外線にตอบสนองして電気信号を検出するコンタクト手段と；を備え、

上記ウェル層内に局所基底状態と局所励起状態からなる少なくとも2つのサブバンド状態を有し；上記超格子層の複数のウェル層の層厚がそれぞれ異なるように構成された赤外線検出器。

## 3 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、超格子構造を利用した赤外線検出器の構造に関するものである。

(従来の技術)

近年、超格子構造を利用した赤外線検出器の開発が活発に行なわれているが、これは、超格子構造の赤外線検出器がHgCdTeを用いた赤外線検出器

に比べて製造し易く且つ長期間安定性がある等の利点があるためである。

第3図は、例えばAppl. Phys. Lett. Vol.50 (1987)P.1092に示されている従来の超格子構造を利用した赤外線検出器を示す断面図であり、図中、(1)は半絶縁性GaAs基板、(2)はN-GaAsコンタクト層、(3)は50ÅのGaAsウェル層と95ÅのAl<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>Asバリア層の50周期から成る超格子層、(4)はN-GaAsコンタクト層、(5)は金ワイヤ、(6)は赤外線、である。超格子層(3)はバリア層とウェル層を交互に50周期積層して構成されており、最下層はコンタクト層(2)に接したバリア層をなし、最上層はコンタクト層(4)に接したバリア層をなす。この超格子層(3)のAl組成比を第4図に示す。

このように構成された赤外線検出器では、量子効果によりGaAsウェル層内に局所基底状態E<sub>00</sub>と局所励起状態E<sub>01</sub>の2つのサブバンド状態が形成される。順バイアスをかけていない状態での伝導帯のエネルギーバンド及びE<sub>00</sub>、E<sub>01</sub>

を第5図に示す。また、例えば、コンタクト層(2)に正電位を、コンタクト層(4)に負電位をそれぞれ印加して超格子層(31)に順バイアスをかけると、エネルギーバンドは第6図に示すようになる。この状態で赤外線(6)が入射すると、 $E_{n+1}$ の基底状態にある電子は赤外線を吸収して $E_{n+2}$ の励起状態に励起される。この励起された電子(32)はトンネル効果によってバリア層を通り抜けて隣接したウエル層の $E_{n+2}$ の励起状態に移る。この電子の移動が各ウエル層と各バリア層で生ずることによって光電流が流れる。この光電流はコンタクト層(2)、(4)、金ワイヤ(5)を通して赤外線検出器の外部で検知される。

(発明が解決しようとする課題)

HgCdTeのような伝導帯と価電子帯の間の遷移を利用する赤外線検出器では、伝導帯と価電子帯の状態密度はエネルギーの1/2乗となっているため、バンドギャップよりかなり大きなエネルギーの赤外線でも容易に吸収するので、赤外線吸収スペクトルの半値幅は比較的広い。これに対して、

局所励起状態と局所基底状態のエネルギー差が各ウエル層によって異なるので、赤外線吸収スペクトルも各ウエル層で異なり、その結果、半値幅の広い赤外線吸収スペクトルが得られる。

(実施例)

以下、この発明の一実施例を図について説明する。第1図はこの発明の一実施例による赤外線検出器を示す断面図であり、(3)は各バリア層の層厚を同じにし各ウエル層の層厚を順次変化させて形成した超格子層である。その他の構成は第3図に示す従来の赤外線検出器と同じである。

第2図は第1図示の赤外線検出器における超格子層にバイアスがかかっていない場合のエネルギーバンドを示す。図中、 $L_m$ は $m$ 番目のウエル層の層厚、 $E_{n+1}$ は $m$ 番目のウエル層内の局所基底状態のエネルギー、 $E_{n+2}$ は $m$ 番目のウエル層内の局所励起状態のエネルギー、 $\lambda_m$ は $m$ 番目のウエル層内の赤外線吸収スペクトルのピーク波長、をそれぞれ示す。

超格子層のウエル層内の各サブバンドのエネルギーは、量子効果のない場合、つまりバルクの場合の伝導帯の基底状態を0とすると、

$$E_n = \frac{h^2}{2m^*} \left( \frac{n\pi}{L} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

なる式で表わされる。ここで、 $E_n$  :  $n$ 番目のサブバンドのエネルギー、 $h$  : プランク定数、 $m^*$  : 電子の有効質量、 $\pi$  : 円周率、 $n$  : 量子数、 $L$  : ウエル層厚、である。

(1)式を用いて、局所励起状態、つまり $n=2$ の場合のエネルギー $E_{n+2}$ と、局所基底状態、つまり $n=1$ の場合のエネルギー $E_{n+1}$ の差は、

$$E_{n+2} - E_{n+1} = \frac{h^2}{2m^*} \left( \frac{2\pi}{L} \right)^2 - \frac{h^2}{2m^*} \left( \frac{\pi}{L} \right)^2 = \frac{3h^2 \pi^2}{2m^* L^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

となる。また、赤外線吸収スペクトルのピーク波長 $\lambda$ は、

$$\lambda (\mu m) = \frac{1.24}{E_{n+2} - E_{n+1}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

で表わされる。但し、 $E_{n+2} - E_{n+1}$ はエレクトロン・ボルト(eV)単位である。

(2)式から、 $E_{n+2} - E_{n+1}$ は $L$ 、つまりウエル層厚に依存していて、 $L$ が大きくなる程小さくなり、また、(3)式から赤外線吸収スペクトルのピーク波長 $\lambda$ は $E_{n+2} - E_{n+1}$ が小さくなる程長。

従来の超格子を利用した赤外線検出器は、上述のように、サブバンド間の遷移を利用するものであって、各サブバンドの状態密度は階段状になっており、電子は局所基底状態のエネルギーの近傍にほとんど存在するので、赤外線吸収スペクトルの半値幅HgCdTeの場合に比べてかなり狭く、 $8 \sim 14 \mu m$ の波長を有する赤外線のうちの一部を検知することができるだけである。

この発明は上記のような、従来の超格子を利用した赤外線検出器が有する問題点を解消するためになされたもので、広いスペクトル範囲の赤外線を検知することができる赤外線検出器を得ることを目的とする。

(課題を解決するための手段)

この発明に係る赤外線検出器は、複数列のウエル層の各層厚を変えて超格子層を構成したものである。

(作用)

この発明における赤外線検出器は、超格子層の複数列のウエル層の層厚がそれぞれ異なるため、

くなることがわかる。そこで、第2図に示すようにウエル層厚を $L_1, L_2, \dots, L_{m-1}, L_m$ と順次変えてゆくと、局所基底状態のエネルギーは $E_{n=1}^1, E_{n=1}^2, \dots, E_{n=1}^m, E_{n=2}^1, E_{n=2}^2, \dots, E_{n=2}^m, \dots, E_{n=N}^1, E_{n=N}^2, \dots, E_{n=N}^m$ 、局所励起状態のエネルギーは $E_{n=1}^1, E_{n=1}^2, \dots, E_{n=1}^m, E_{n=2}^1, E_{n=2}^2, \dots, E_{n=2}^m, \dots, E_{n=N}^1, E_{n=N}^2, \dots, E_{n=N}^m$ 、赤外線吸収スペクトルのピーク波長は $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{m-1}, \lambda_m$ とそれぞれ変化する。これらの大小関係は、 $L_1 < L_2 < \dots < L_{m-1} < L_m$ とすれば、上述の(1)、(2)、(3)の各式から

$$E_{n=1}^1 > E_{n=1}^2 > \dots > E_{n=1}^m > E_{n=2}^1,$$

$$E_{n=2}^1 > E_{n=2}^2 > \dots > E_{n=2}^m > E_{n=3}^1,$$

$$E_{n=N}^1 - E_{n=1}^1 > E_{n=N}^2 - E_{n=1}^2 > \dots > E_{n=N}^m - E_{n=1}^m > E_{n=N}^2 - E_{n=2}^1,$$

$$\lambda_1 < \lambda_2 < \dots < \lambda_{m-1} < \lambda_m,$$

となる。

このように、各ウエル層で赤外線吸収スペクトルのピーク波長が少しずつ異なるため、ウエル層全体では赤外線吸収スペクトルの半値幅が広がる。また、第2図において、局所励起状態のエネルギー $E_{n=1}^1$ が最大で層厚 $L_1$ が最小のウエル層

(図の左端)に負電位を印加し、局所励起状態のエネルギー $E_{n=1}^1$ が最小で層厚 $L_m$ が最大のウエル層(図の右端)に正電位を印加する方が、電子がバリア層を抜けて常により低い局所励起状態の側に流れることになるので、電流が流れ易い。

なお、上記実施例ではGaAs系材料の赤外線検出器のみについて述べたが、他の材料、例えば、InGaAs、InP、InGaP等のIII-V族半導体で構成された赤外線検出器においても同様の効果がある。

#### (発明の効果)

以上のように、この発明によれば、複数のウエル層の層厚がそれぞれ異なる超格子構造を有しているため、赤外線吸収スペクトルの半値幅が広がるという効果がある。

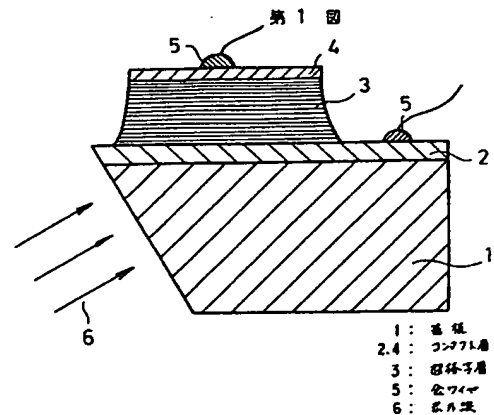
#### 4 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の一実施例による赤外線検出器の構造を示す断面図、第2図は第1図示の赤外線検出器の超格子層のエネルギーバンドを示す図、第3図は従来の赤外線検出器の構造を示す断

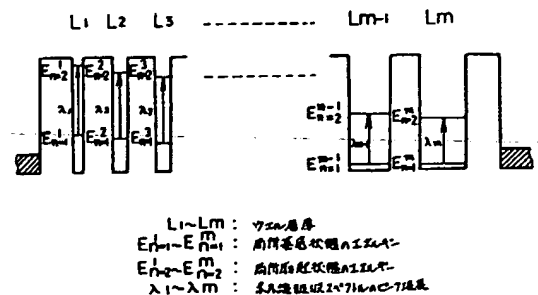
面図、第4図は第3図示の赤外線検出器の超格子層の $\lambda/2$ 含有率を示す図、第5図は第3図示の赤外線検出器の超格子層のエネルギーバンドを示す図、第6図は第3図示の赤外線検出器の超格子層にバイアスを印加した場合のエネルギーバンド及び電子の流れを示す図、である。

図において、(2)、(4)はコンタクト手段、(3)は超格子層、(6)は赤外線、である。

なお、各図中同一符号は同一又は相当部分を示す。

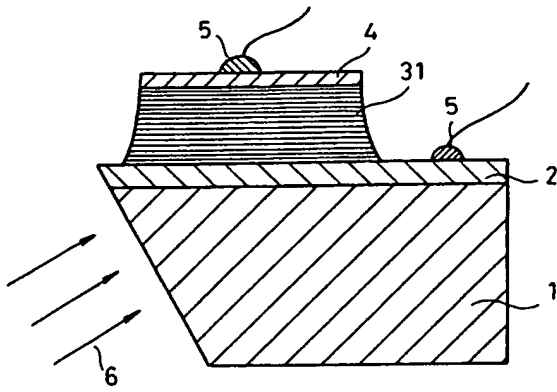


第2図

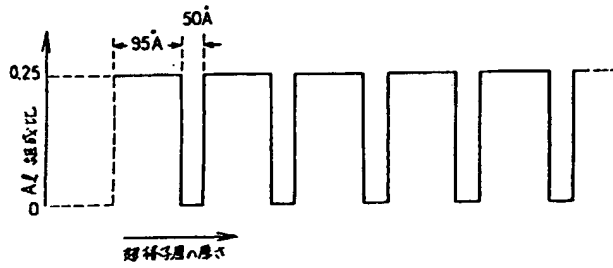


代理人 大 岩 増 雄

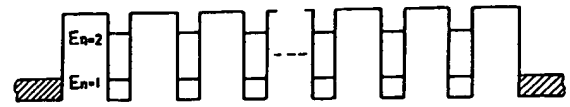
第3図



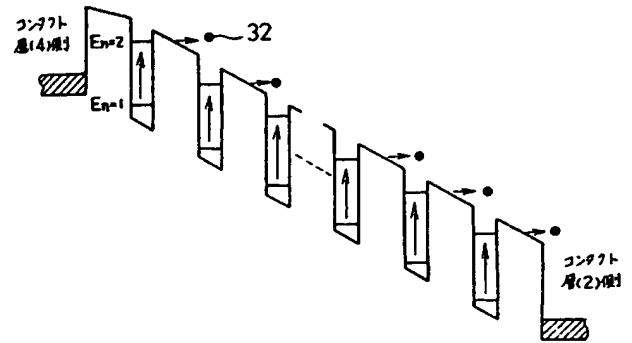
第4図



第5図



第6図



CLIPPEDIMAGE= JP403032071A

PAT-NO: JP403032071A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 03032071 A

TITLE: INFRARED DETECTOR

PUBN-DATE: February 12, 1991

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

NAGAI, YUTAKA

INT-CL (IPC): H01L031/10;G01J001/02

US-CL-CURRENT: 257/21

ABSTRACT:

PURPOSE: To broaden half-width of a spectrum by achieving a construction having in a wall layer a local ground state and at least two subband states consisting of local excited states and wherein the thicknesses of a plurality of well layers of a superlattice layer are different respectively.

CONSTITUTION: A superlattice layer 3 is formed so that the thicknesses of respective barrier layers are same and the thicknesses of respective well layers are varied successively. When positive and negative potential are applied to contact layers 2, 4 so that forward bias is applied to the layer 3 and infrared rays 6 are incident thereon, the well layers are brought in their excited states. The peak wavelength of the infrared absorption spectrum may be different by small amount at respective well layers, so that the half-width of the infrared absorption spectrum for the whole well layers can be broadened. Further, current can more easily flow when negative potential is applied to the well layer whose energy in the local excited state is maximum and whose thickness L is minimum, an positive potential is applied to the well layer whose energy in the local excited state is minimum and whose thickness L is maximum, because electrons always flow toward the side where the energy in the local excited state is lower through the barrier layer. This pohtocurrent